

天津大学第十三届“挑战杯”学生课外学术科技作品竞赛

## 作品申报书

作品名称: 基于计算机视觉和红外传感技术的健康诊断系统

学 院: 求是学部

申报者姓名

(集体名称): 樊东来、张轩宇、王若琪、苑凯深、牟锐

**类别:**

- ☐ 自然科学类学术论文
- ☐ 哲学社会科学类社会调查报告和学术论文
- ☐ 科技发明制作 A 类
- ☒ 科技发明制作 B 类

# 说 明

1. 申报者应在认真阅读此说明各项内容后按要求详细填写。
2. 申报者在填写申报作品情况时只需根据个人项目或集体项目填写 A1 或 A2 表, 根据作品类别 ( 自然科学类学术论文、哲学社会科学类社会调查报告和学术论文、科技发明制作 ) 分别填写 B1、B2 或 B3 表。  
所有申报者可根据情况填写 C 表
3. 表内项目填写时一律用钢笔或打印, 字迹要端正、清楚, 此申报书可复制。
4. 学术论文、社会调查报告及所附的有关材料必须是中文 ( 若是外文, 请附中文本 ), 请以 4 号楷体打印在 A4 纸上, 附于申报书后, 学术论文及有关材料在 8000 字以内, 社会调查报告在 15000 字以内 ( 文章版面尺寸  $14.5 \times 22\text{cm}$  左右 )。

## A2. 申报者情况（集体项目）

- 说明：1. 必须由申报者本人按要求填写；  
 2. 申报者代表必须是作者中学历最高者，其余作者按学历高低排列；  
 3. 本表中的学籍管理部门签章视为对申报者情况的确认。

申报者代表情况	姓名	樊东来	性别	男	出生年月	1999.06
	院系专业	求是学部·电气工程及其自动化			年级	2018
	学历	本科在读	学制	4 年	入学时间	2018
	作品名称	基于计算机视觉和红外传感技术的健康诊断系统				
	校内住址	卫津路校区 32 斋		宿舍电话	无	
	电子邮件	fd10622@tju.edu.cn		手机	13224291318	
其他作者情况	姓 名	性别	年龄	学历	所在单位	
	张轩宇	男	19	本科在读	天津大学求是学部	
	牟锐	女	19	本科在读	天津大学求是学部	
	苑凯深	男	19	本科在读	天津大学求是学部	
	王若琪	女	19	本科在读	天津大学求是学部	
资 格 认 定	学院学籍管理部门意见	<p>以上作者是否为 2020 年 6 月 1 日前正式注册在校的全日制非成人教育、非在职的各类高等院校中国学生（含专科生、本科生和研究生）。  <input checked="" type="checkbox"/>是    <input type="checkbox"/>否</p> <p style="text-align: right;">（部门盖章）</p> <p style="text-align: right;">年    月    日</p>				
	指导教师意见	<p>本作品是否为课外学术科技或社会实践活动成果  <input checked="" type="checkbox"/>是    <input type="checkbox"/>否</p> <p style="text-align: right;">指导教师签名：</p> <p style="text-align: right;">年    月    日</p>				

### B3. 申报作品情况(科技发明制作)

- 说明：1. 必须由申报者本人填写；  
2. 本部分中的部门签章视为对申报者所填内容的确认；  
3. 本表必须附有研究报告,并提供图表、曲线、试验数据、原理结构图、外观图（照片），也可附鉴定证书和应用证书；  
4. 作品分类请按照作品发明点或创新点所在类别填报。

作品全称	基于计算机视觉和红外传感技术的健康诊断系统
作品设计、发明的目的和基本思路,创新点,技术关键和主要技术指标	<p><b>（一）作品设计、发明的目的：</b></p> <p>2020 年伊始，新冠肺炎疫情席卷全中国，湖北武汉等地受疫情影响严重，造成重大人员伤亡及经济损失。一时间，“防疫抗疫”成为了全国乃至全世界的重中之重。2021 年全球新冠肺炎确诊超一亿两千万，形势依旧非常严峻。</p> <p>新型冠状病毒感染能力极强，在疫情爆发时，全国每日死亡人数高达数万人，这其中包含了大量的医护工作人员，据不完全统计，此次疫情期间，在“抗疫”前线的医护工作者感染人数超 2000 人，占到全国确诊病例的 1.4%。调查显示，医护工作者定时检查病人的身体状况、给病人量测体温、对患者进行病毒核酸检测都需要与患者进行密切接触，因此，极大程度增加了医护工作者感染的风险。无论疫情当下还是将来，完成一套能够基于计算机视觉识别自动检测病人身体状态的系统已经成为迫切且意义重大的课题。</p> <p>患者的健康状况预测是基于患者的面部表情、姿态、行为，以及其生命体征等信息，向医护人员反馈患者的生理健康状况，而红外测温技术则是基于热效应及时反应患者的体温变化情况。由于患者生理状况预测问题研究面广、切入点多，世界各国都先后开展过针对性的研究，一些研究成果已形成产品进入市场。然而，目前在医院、火车站等人员密集的地区，传统的手持式“额温枪”“耳温枪”仍在大量使用，这显然难以满足快速筛查要求，而患者的健康状况预测大多基于医护人员与患者面对面就诊，这样不仅危险程度高，而且效率较低。尤其在此次疫情期间，患者数量多，检测任务重，医护工作人员数量不足，且大量医护工作者因此感染。而对于疑似病例或生命体征平稳的轻症患者，完全可以依靠计算机系统自动检测从而减轻医护工作者的压力。</p> <p>基于计算机视觉、并融合红外测温技术的自动检测装置在一定程度上可以高效、准确且安全地实现患者生理健康状况检测，并及时向医护人员反馈。无论是当下疫情期间还是在未来很长一段时间都将是医疗卫生领域的重要研究方向，而且其应用前景广阔。本组成员持有全新创意，以一套全面的身体状况检测系统为目标开展此项目的研究。</p> <p><b>（二）基本思路：</b></p> <p>与过去的基于机器视觉的人体行为识别不同，本项目是基于微型摄像头观测，提取前景图像信息，结合目前迅速发展的系统集成技术，将人的面部表情、姿态、行为图像等信号转变成数字信号，运用计算机视觉识别处理的技术，即</p>

	<p>对图像进行预处理，基于一维卷积神经网络识别信息系统，强化图像中的高频信息，更精准地读取到图片信息中隐含的特征结构，并通过 SVM 分类器对图像进行分类处理。同时，运用红外传感技术获得人体的温度信息，基于主成分分析法和线性判别分析法，获得人体健康程度的综合参数，来评判一个人的健康状况，从而实现对患者的身体健康状况的自动检测。最后，将各种数据指标可视化处理并传输到移动端 APP，可以实现医生对患者状况的实时监测。</p> <p><b>技术路线：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 基于微型摄像头观测，提取人的面部表情、姿态、行为等图像信息</li> <li>● 基于系统集成技术，将图像信号转变成数字信号</li> <li>● 基于计算机视觉识别处理的技术，对图像进行预处理</li> <li>● 基于一维卷积神经网络识别信息系统，读取到图片信息中隐含的特征结构</li> <li>● 采用 Realtime Multi-Person Pose Estimation 的方法进行姿态识别</li> <li>● 通过现代卷积神经网络结构（CNN）卷积和池化操作进行面部表情分析</li> <li>● 通过红外测温传感模块对人体体温进行监测</li> <li>● 基于主成分分析法和线性判别分析法，获得人体健康程度的综合参数</li> <li>● 将数据分析和可视化结果呈现在移动端 APP</li> </ul> <p><b>（三）项目创新点：</b></p> <p><b>软件系统方面：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 该项目综合运用了计算机视觉和红外传感技术，将人的面部表情、姿态、行为、体温等因素作为判断一个人健康状况的指标，从而得出一个综合参数，可以迅速、准确地判断一个人的健康状况。</li> <li>(2) 该项目的实现可以减少医护人员与患者之间的接触，减少了医护人员的工作量，同时，极大程度地提升了安全性，减少感染的风险。</li> <li>(3) 实现了人体体温与人员智能关联，同时体温、人脸比对记录将同步后台，方便后续溯源。</li> </ol> <p><b>硬件系统方面：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 摄像头和红外传感器的综合使用可以极大地提升检测的准确性，同时，不需要患者佩戴检测装置，减少了医疗器械的使用。</li> <li>(2) 运用图像处理中分类器的结构将患者图片信息与健康程度进行匹配，降低识别过程中分类器的工作频率，尽量减少系统的能耗。这样既可以减轻对环境的污染，也可以因不需要频繁地为系统充电，而为用户提供极大的便利。</li> <li>(3) 通过摄像头采集图像信息，经数据分析处理和可视化之后传送到移动端 APP，实现数据实时传送，降低了对硬件设备的要求。</li> <li>(4) 检测装置的简单化、便利化在一定程度上促进了该项技术的推广，人口密</li> </ol>
--	--

集、流动量大的地区疑似病例的检测，病人脱离医院后的看护，老年公寓中老年人的日常看护，运动员在赛场上身体状况的检测等都可以通过此检测系统来实现，在节约社会成本的同时提高人民生活的幸福感。

#### （四）技术关键

##### （1）病人姿态识别

我们计划通过计算机视觉来进行姿态识别，在病人出现特殊情况诸如摔倒、坐起、痛苦翻滚等一系列异常行为进行监测。主要包括以下步骤。

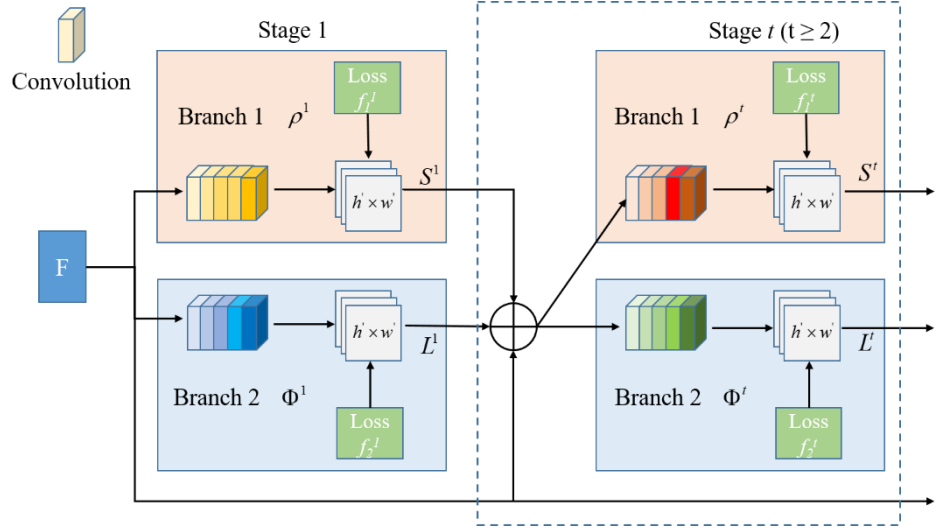


图 4.1.1: 姿态估计网络原理图

##### ①姿态识别流程

我们采用 Realtime Multi-Person Pose Estimation<sup>[1]</sup>的方法进行姿态识别。姿态识别主要包括以下流程。首先准备一张包含人物的图片；利用 VGG-19 网络的前 10 层对图片进行处理，得到图片的特征  $F$ ；然后特征  $F$  通过一个连续的多阶段网络进行处理，网络的每个阶段( $t$ )包含了两个分支，其输入结果分别为  $S^t$ (Part Confidence Map)和  $L^t$ (Part Affinity Map)。其中， $S^t$  主要负责关节点或身体部位的检测，如检测头、肩膀、胳膊肘。 $L^t$  则负责肢体段检测，比如大腿。最后，在  $L^t$  的帮助下，把  $S^t$  的坐标点连接起来，形成人的姿势骨架。

##### ②CNN 网络详解

如上图网络所示，本文使用了反复迭代的 CNN 网络进行检测，每个 CNN 网络都有两个分支，即  $CNN_S$  和  $CNN_L$ 。我们所使用的网络是一个不断迭代的网络连接。前一阶段和后续阶段的网络在形态上有所区别。每个阶段的两个网络分支分别用于计算部位置信图(Part Confidence Maps，即关节点)和部位亲和域(Part Affinity Fields，即肢体躯干)。从图中可以看出，每个阶段网络的输入为：

$$S^t = \rho^t(F, S^{t-1}, L^{t-1})$$

$$L^t = \phi^t(F, S^{t-1}, L^{t-1})$$

##### ③损失函数

$$f_s^t = \sum_{j=1}^J \sum_p W(p) \cdot \|S_j^t(p) - S_j^*(p)\|^2$$

$$f_L^t = \sum_{c=1}^C \sum_p W(P) \cdot \|L_c^t(p) - L_c^*(p)\|^2$$

其中， $t$  表示第几级， $S_j(p)$  表示 ground truth 的 part confidence map;  $L_c(p)$  表示 groundtruth 的 part affinity vector field。 $W$  表示二值的 mask 值， $W(p)=0$  表示当前点  $p$  缺失，不可见或不在图像中，用来避免训练时错误惩罚且在训练时，增加中间级监督，防止梯度消失。反复迭代，使得模型达到收敛。最终的损失函数为：

$$f = \sum_{t=1}^N f_s^t + f_L^t$$

#### ④ 关节拼接

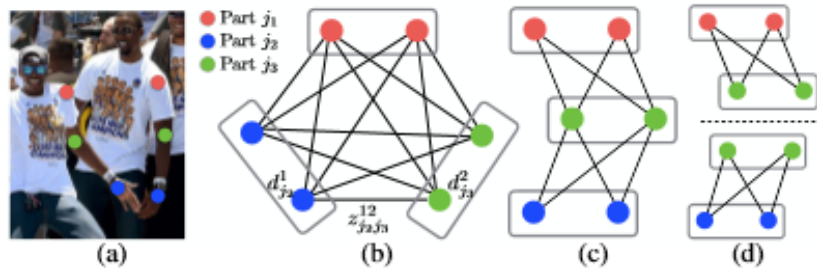


图 4.1.2：关节拼接流程示意图

如图(b)所示，网络遍历了每张图片中的所有部位点，生成了一张全连接图。显然，将图中两人的所有关节找到是一个 NP 问题。如图(c)所示，我们根据不同部位的空间关系，如果把全连接进行了精简，仅保留有连接可能的边，这是一个 K 维匹配问题。

我们的网络区分于之前的两种方法，而是通过部分点重建人的骨架，从躯干开始实现。例如，大臂的两端一定连接着肩膀和胳膊肘，那么就先把所有的肩膀和胳膊肘的连接图中进行搜索，然后根据 PAFs 的信息支撑，那么就可以很快把小明和小红的大臂分别找出来。通过这种方式我们可以实现关节的拼接，以此来实现全身的姿识别。

## (2) 面部表情分析

### ① 构建 Faster-RCNN 目标检测网络

现代卷积神经网络结构 (CNN) 通过卷积和池化操作，能充分发挥图像和语言等二维数据的优势，并且由于其拥有权值共享的特点，能够大大减少训练过程中的计算量。

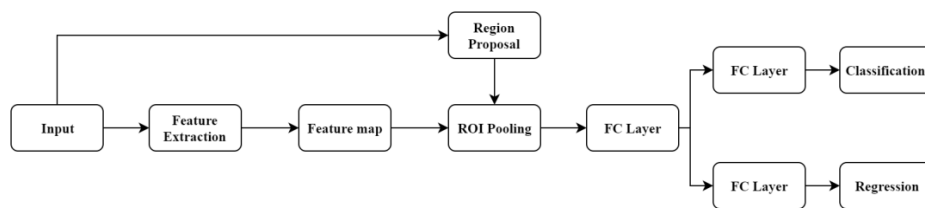


图 4.2.1: 人脸检测卷积神经网络

CNN 的缺陷在于随着网络的加深, 训练集的准确度下降, 且这不是因为过拟合造成, 无法通过添加 dropout 解决。为使网络深度足够且保持足够的准确度, 本项目拟采用基于 Resnet-101 的 Faster RCNN<sup>[2]</sup> 网络结构。Resnet 结构由于引入了残差学习单元, 使得骨干网络更容易加深深度, 防止梯度爆炸或梯度消失的出现, 获得更丰富语义的特征图。

下图展示了整个 Faster RCNN 的架构, 其中蓝色的部分为 ResNet101 骨干网络, conv4\_x 的最后的输出为 RPN 和 RoI Pooling<sup>[3]</sup> 层共享的部分, 而 conv5\_x 的 9 层网络都作用于 RoI Pooling 层之后的一系列特征图(14 x 14 x 1024), 特征图的大小维度也刚好符合原本的 ResNet101 中 conv5\_x 的输入, 最后经过 average pooling 层, 得到 2048 维特征, 输入到之后的目标分类和边

## ②表情分析

首先我们利用多层卷积提取特征, 其过程图如下: 多层卷积的优势在于, 在相同卷积层不同卷积核的情况下, 提取的是具有不同表达特性的特征。随着卷积层的增加提取出的表情特征越趋近于表情轮廓, 边缘特征, 更具表现力。基于 CNN 的表情识别方法中<sup>[4]</sup>, 随着卷积神经网络的层数越多, 参数越多, 模型越为复杂, 对训练样本 数量的要求也会大大增加, 否则会出现训练过程中无法收敛, 或者产生过拟合现象。要解决在浅层卷积神经网络结构条件下, 提高表情识别的效果, 本质上需要提高提取特征的表现力。本次训练可以局部二值模式 (LBP)<sup>[5]-[6]</sup> 能够很好地提取图像中的纹理特征的优点, 采取了一种结合 LBP 和 CNN 表情识别算法, 能够在保持卷积神经网络结构不变的前提下, 提高表情识别的准确率, 优化卷积神经网络的训练过程。

然后, 我们使用 softmax 进行表情分类, 设置不同的阈值, 判断病人病情的程度, 其过程如下。Softmax 分类器是 logistic 回归在分类问题上的推广, Softmax 函数将特征值转换为类别的概率<sup>[7]-[9]</sup>, 然后选择概率最大对应的类别即为模型预测的类别。输入图像所属于每个表情类别概率的计算公式为:

$$P(y^{(i)} = j) = \frac{\exp(x^j)}{\sum_{i=1}^k \exp(x^i)}$$

## (3) 红外传感测温

我们计划采用红外传感测温来实时监控体温指标作为最终健康数据的指标之一。Visiofocus 检测身体, 特别是从人类的额头自然发出的红外辐射。额头是一个获取温度读数的理想的位置, 因为它是由颞动脉交叉, 并接收从主动脉和颈动脉的流动血液。此外, 额头是唯一的直接接触大脑且未覆盖头发的头部部分。

大脑是最重要, 最精密也是最脆弱的人体器官。身体发烧, 温度上升和



下降，头部最先感觉到。每次温度测量，仅需百分之几秒，Visiofocus 得到一系列的 125 个读数。然后其复杂的微处理器放大和处理这些信息连同室温，并且在显示器显示正确的温度。

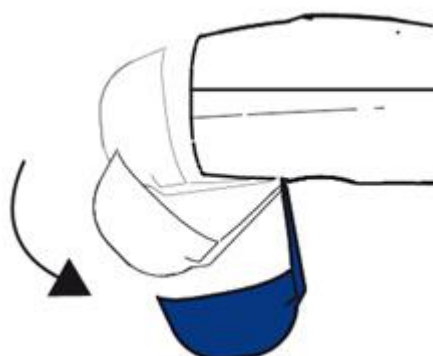


图 4.3.1: Visiofocus 红外测温模型

### （五）项目关键点

我们将本项目的关键点综合概括如下图所示：

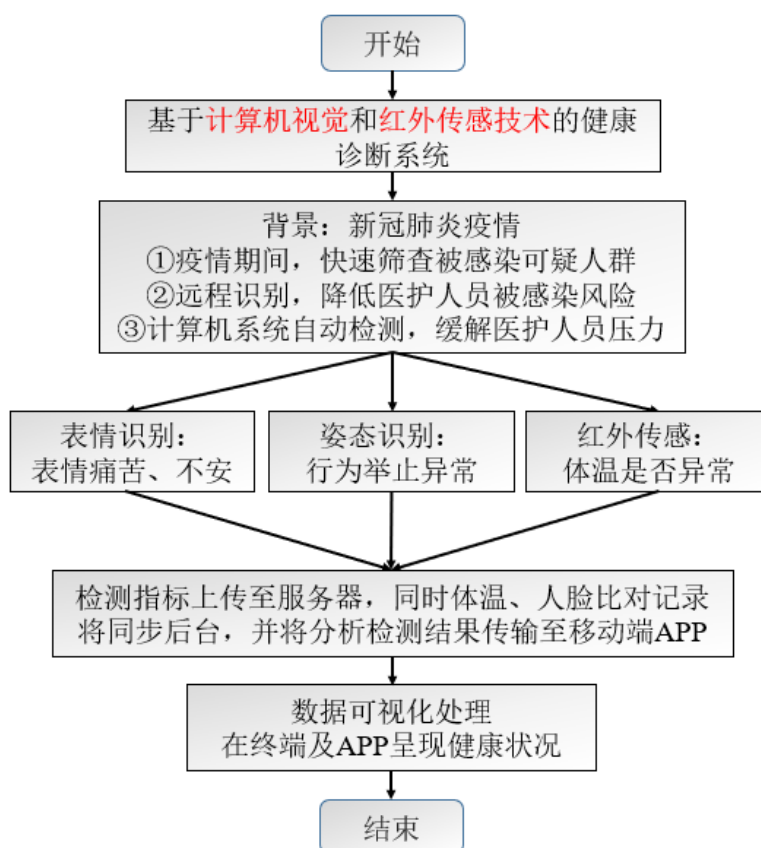


图 5.1.1: 项目关键点示意图

	<p>参考文献:</p> <p>[1] Zhe Cao, Tomas Simon, Shih-En Wei and Yaser Sheikh. Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. arXiv:1611.08050v2 [cs.CV] 14 Apr 2017.</p> <p>[2] Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick and Jian Sun. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks arXiv:1506.01497 [cs.CV]</p> <p>[3] Deshpande, Adit. "The 9 Deep Learning Papers You Need To Know About (Understanding CNNs Part 3)". adeshpande3.github.io. Retrieved 2018-12-04</p> <p>[4] Ojala T, Pietikainen M, Harwood D. A comparative study of texture measures with classification based on featured distribution[J]. Pattern recognition, 1996, 29(1): 51-59.</p> <p>[5] Lara O D, Labrador M A. A Survey on Human Activity Recognition using Wearable Sensors[J]. IEEE Communications Surveys &amp; Tutorials, 2013, 15(3): 1192-1209.</p> <p>[6] Hsu Y, Lin S, Chou P et al. Application of nonparametric weighted feature extraction for an inertial-signal-based human activity recognition system[A]. In: International Conference on Applied System Innovation[C]. Sapporo, Japan: 2017. 1718-1720.</p> <p>[7] Lemley J, Bazrafkan S, Corcoran P. Deep Learning for Consumer Devices and Services: Pushing the limits for machine learning, artificial intelligence, and computer vision[J]. IEEE Consumer Electronics Magazine, 2017, 6(2): 48-56.</p> <p>[8] Liu C, Ying J, Han F et al. Abnormal Human Activity Recognition using Bayes Classifier and Convolutional Neural Network[A]. In: 2018 IEEE 3rd International Conference on Signal and Image Processing[C]. Shenzhen, China: 2018. 33-37.</p> <p>[9] Xie L, Tian J, Ding G et al. Human activity recognition method based on inertial sensor and barometer[A]. In: 2018 IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems [C]. Moltrasio, Italy: 2018. 1-4.</p>
--	--

作品的科学性  
先进性(必须  
说明与现有技  
术相比、该作  
品是否具有突  
出的实质性技  
术特点和显著  
进步。请提供  
技术性分析说  
明和参考文献  
资料)

### (一) 面部表情识别

基于面部表情的情绪识别,是通过对学习过程中的面部表情的监测和识别,来获取学习者的情绪状态信息的。面部表情识别包括人脸检测、表情特征提取、表情分类三个核心环节,其中人脸检测算法和分类算法已经相对成熟,当前研究的重点主要在于如何有效地提取面部表情特征<sup>[1]</sup>。传统的计算机视觉方法主要有以下两个方面:

(1) 基于静态图像的表情识别。代表性方法如主动形状模型(ASM)和主动外观模型(AAM)。Wang、江河等采用ASM提取面部几何特征,并利用支持向量机作为分类器,来检测学习者是否产生困惑<sup>[2]</sup>。AAM是对ASM的改进,韩丽等<sup>[3]</sup>利用AAM检测面部特征点,识别倾听、疑惑、理解、抗拒和不屑五种面部表情,用于教学效果的评价。总的来说,基于静态图像几何特征的面部表情识别只利用了面部器官的几何形变信息,对于面部肌肉运动幅度小的自然面部表情识别准确度较低。

(2) 基于动态图像序列的表情识别。基于动态图像序列的表情识别提取动态特征识别面部表情,大致可分为光流特征、几何动态特征和外观动态特征三类。Anderson等在人脸跟踪的基础上提取面部光流特征,识别视频中的六种基本情绪面部表情<sup>[4]</sup>。Niese等则融合光流特征和几何特征,识别六种基本情绪面部表情<sup>[5]</sup>。

### (二) 红外传感测温

红外测温技术的研究经历了数十年,国外的技术已经达到了很高的水平,而国内由于起步相对较晚。红外测温系统一般由光学系统、光电探测器、信号处理模块、显示器等构成。光学系统用于收集目标的红外辐射能量并将其聚焦在光电探测器上,由光电探测器将光学信号转为电信号,处理计算后得到表面温度<sup>[6]</sup>。

意大利特尼美公司(Tecnimed)生产的Thermofocus非接触式体温计,在非典期间在大量人群中筛选体温过高的病人方面做出了巨大的贡献。近年来,该公司又设计了一款更加准确的红外测温仪visisfocus06400。

### (三) 姿态识别

人体行为识别的主要步骤有:运动目标检测、运动目标跟踪、特征选择与运动表征、行为识别与理解<sup>[7]</sup>。2014年,雷庆等围绕复杂场景下的人体行为识别进行分析与研究,从人体行为识别的研究范畴、特征提取以及行为模型等方面进行阐述<sup>[8]</sup>。同年,田国会等提出一种基于关节点信息的人体行为识别新方法,使用了Kinect体感设备来获取人体的关节点数据,构造三维空间向量用于人体行为识别,达到了较好的识别效果<sup>[9]</sup>。

### (四) 病房监控技术

病房监控利用无线技术实现在线监护,通过传感器,医学仪器等获取病人实时身体情况,再将数据传输到分析端供医护人员分析。或者利用传感器对病房环境进行实施监测,及时返回病房环境各项数据。在江苏省人民医院所采用的智慧病房中,通过放置在床垫下的高灵敏度传感器,以非拘束的状态精确测量和传输患者的心率、呼吸频率和离床、翻身等数据,实现实时监护<sup>[10]</sup>。

在疫情背景下,病人的体温作为一项极为重要的生命体征指标,需要能及时

	<p>的反馈给医护工作者，然而医护工作者的查房工作却会大大提高他们感染病毒的概率。因此，我们急需一种能脱离大量复杂医学仪器，同时精准测量病人体温从而实时汇报病人情况的智慧病房系统。</p> <p><b>项目的实质性技术优势在于：</b></p> <p>①项目具有较高的可信度和准确度，先进性突出。我们采用卷积神经网络、主成分分析、线性判别分析等先进算法，使得检测指标准确可靠，可信度高。</p> <p>②项目产品反应迅速，反馈及时，可以有效降低危险。我们在病房中引入红外测温传感器，实时测量病人体温并返回给医生护士，病人的相关数据可以在后台实时更新，便于医护人员检查；由获得的病人实时图像，我们利用核主成分分析和线性判别分析对特征进行处理，并对深度置信网络进行训练，再通过深度神经网络进行行为识别，提高人体行为识别的准确度，及时判断病人在病房中是否出现摔跤、晕倒等异常行为，为医护工作者发出警报。</p> <p>③项目具有极高的现实意义。传统的智慧病房系统往往是利用一系列医学仪器和传感器得到病人相关生命体征，但在疫情背景下，体温作为一项重要数据，其检测仍需要医护工作者的协助。为了能有效减少医护工作者与已被感染病人的接触，红外测温传感器和人脸表情识别的实用意义很大。另外，对于一些情况并不算很严重的病人来说，不需要医学仪器的辅助，其行为将很难检测，这时人体行为识别将发挥它的作用。</p> <p>④项目产品具有很高的用户友好性。摄像头和红外传感器的综合应用，不仅增加了检测的精确度，还减少了病人必须的穿戴设备与医疗仪器的使用，有利于减轻病人的负担；另外，项目还实现了测量数据与手机 APP 的实时交互。设计了用户友好的移动 APP，将数据实时反馈给医护人员，使操作更加便捷，结果呈现更加清晰易懂。</p> <p>⑤项目具有可推广性。它不仅适用于疫情时期，在医院传染科病人监护、老人监护、运动员身体状况检测、智慧社区、安全校园建设、社会公共管理等多方面均可推广利用。</p> <p>⑥项目可操作性、可行性强。在成熟理论基础上，硬件设施设计完善合理，能够产生丰硕研究成果。</p> <p>参考文献：</p> <p>[1]陈子健,朱晓亮.基于面部表情的学习者情绪自动识别研究——適切性、现状、现存问题和提升路径[J].远程教育杂志,2019,37(04):64-72.</p> <p>[2]Wang J, Ma X, Sun J, et al.Puzzlement Detection from Facial Expression Using Active Appearance Models and Support Vector Machines[J].International Journal of Signal Processing Image Processing&amp;Pattern Recognition, 2014, 7 (5) :349-360.</p> <p>[3]韩丽,李洋,周子佳,宋沛轩.课堂环境中基于面部表情的教学效果分析[J].现代远程教育研究,2017(04):97-103+112.</p> <p>[4][J].IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. Part B, Cybernetics : a</p>
--	--

	<p>publication of the IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society, 2006, Vol.36 (1), pp.96-105</p> <p>[5]Niese R, Al-Hamadi A, Farag A, et al.Facial Expression Recognition based on Geometric and Optical Flow Features in Colour Image Sequences[J].Iet Computer Vision, 2012, 6 (2) :79-89.</p> <p>[6]蔡远,陈玉霞.红外传感器技术的应用研究[J].电子制作,2017(08):14+11.</p> <p>[7]富倩.人体行为识别研究[J].信息与电脑(理论版),2017(24):146-147.</p> <p>[8]雷庆,陈锻生,李绍滋.复杂场景下的人体行为识别研究新进展[J].计算机科学,2014,41(12):1-7.</p> <p>[9]田国会,尹建芹,韩旭,于静.一种基于关节点信息的人体行为识别新方法[J].机器人,2014,36(03):285-292.</p> <p>[10]刘亚文.我院智慧病房系统的建设[J].中国医疗设备,2019,34(12):97-100.</p>
作品在何时、何地、何种机构举行的评审、鉴定、评比、展示等活动中获奖及鉴定结果	暂无
作品所处阶段	( A ) A 实验室阶段 B 中试阶段 C 生产阶段 D _____ ( 自填 )
技术转让方式	拟定以专利权转让的方式进行
作品可展示的形式	<input checked="" type="checkbox"/> 实物、产品 <input checked="" type="checkbox"/> 模型 <input checked="" type="checkbox"/> 图纸 <input type="checkbox"/> 磁盘 <input type="checkbox"/> 现场演示 <input checked="" type="checkbox"/> 图片 <input checked="" type="checkbox"/> 录像 <input type="checkbox"/> 样品

使用说明及该作品的技术特点和优势，提供该作品的适应范围及推广前景的技术性说明及市场分析和经济效益预测

## （一）使用说明

在病房内安装微型摄像头和红外测温传感器，即可将搜集到表情、姿态、行为信息和体温等生命特征，经过对信息的分类提取，通过移动端 APP 时反馈给医生，实现医生对病人健康的实时监测。

## （二）技术特点与优势

①项目先进性突出：本项目通过构建健康观测的集成系统，采用主成分分析和线性判别分析等先进方法，运用深度学习方法进行准确性、综合性研究。

②项目可操作性、可行性强：在成熟理论基础上，硬件设施设计完善合理，能够产生丰硕研究成果。

③项目可以极大地节约人力资源和经济消耗：微型摄像头价格要远低于各类医学器材，基于微型摄像头的系统可以获得更多的经济效益。

④项目可拓性强：不仅可以用于对病人的监护，还可以运用于运动员在赛场上身体状况的检测、孤寡老人健康检测或者驾驶员辅助系统、安全校园建设、社会公共管理以及火车站等人员密集区域来往人员健康检测。

⑤项目实际意义巨大：不仅可应用于当今新型冠状病毒肺炎患者的健康检测，减少医生患病的可能性，未来也可以应用于孤寡老人的健康追踪，打造“智慧小区”。

## （三）适用范围

可应用于轻症患者、疑似传染病患者的健康检测，人口密集、流动量大的地区疑似病例的检测，老人、病人脱离医院后的看护，运动员在赛场上身体状况的检测等

## （四）推广前景的技术性说明

①基于 Realtime Multi-Person Pose Estimatio 的姿态识别方法<sup>[1]</sup>：利用 VGG-19 网络得到图片的特征  $F$ ，对其做一个连续的多阶段网络进行处理，每个阶段输入结果分别为  $St$ (Part Confidence Map)和  $Lt$ (Part Affinity Map)，最后在  $Lt$  的帮助下，把  $St$  的坐标点连接起来，形成人的姿势骨架。

②基于微型摄像头和红外传感器相结合的识别方法：这个系统在病房内安装传感器和摄像头，用安卓设备来接收数据，用核主成分分析和线性判别分析对特征进行处理<sup>[2]</sup>，并对深度置信网络进行训练，再通过深度神经网络进行行为识别。

③基于主成分分析法和线性判别分析法的数据处理系统<sup>[3]</sup>：在分类之前对数据进行特征提取和特征选择，通过对特征的选择和降维，过滤掉了很多冗余的特征，主成分分析法和线性判别分析法是两种主流的特征降维的方法，具有可靠性。

④基于一维卷积神经网络识别信息系统<sup>[4]</sup>：本项目采用一种基于一维卷积神经网络方法，用来识别微型摄像头搜集到的行为信息，可以提高分类器的泛化能

力，应对越来越复杂的综合特征和对精度要求的提高。

### （五）市场分析和经济效益预测

①目前，国内外人体行为识别中收集数据的方法主要是基于机器视觉的行为识别，该方法只能在一些特定的环境中使用，而且目前对病人健康的自动检测倾向于将多台医学设备连接于终端限制了患者行动的方便，也不可避免医生的健康受到损害，而本集成系统可以仅使用一个微型摄像头和传感器便可以获得健康情况的综合数据，具有体积小、抗干扰能力强、成本低等优点，很好地解决了医生免于感染病和疲劳过度的问题，并且微型摄像头的使用数量和放置位置可以根据研究对象和行为灵活调整<sup>[5]</sup>。

②在当今社会节能的背景下，本项目分类器的结构与行为发生的概率相结合，降低识别过程中分类器的工作频率，尽量减少系统的能耗。这样既可以减轻对环境的污染，也可以因不需要频繁地为系统充电而为用户提供极大的便利。

③伴随着人们对生活质量的要求越来越高，包括生活的便利和身体的健康。不论是病人还是健康者，都有着对人体健康状况进行识别的需求。这些都要求人与计算机之间保持一个良性的交流，而不是仅仅停留在语言和图像上。本项目提高分类器的泛化能力，能够应对越来越复杂的特征和对精度要求的提高，可拓展到各个领域。

#### 参考文献：

- [1]Villalonga C, Pomares H, Rojas I et al. MIMU-Wear: Ontology-based sensor selection for real-world wearable activity recognition[J]. Neurocomputing, 2017, 250: 76 — 100.
- [2]Hassan MM, Uddin MZ, Mohamed A et al. A robust human activity recognition system using smartphone sensors and deep learning[J]. Future Generation Computer Systems, 2017, 81: 307 — 313.
- [3]Seungeun C, Jiyoun L, Ju N K Ju et al. Sensor Data Acquisition and Multimodal Sensor Fusion for Human Activity Recognition Using Deep Learning[J]. Sensors, 2019, 19(7): 1 — 20.
- [4]Vaswani N, Bouwmans T, Javed S et al. Robust Subspace Learning: Robust PCA, Robust Subspace Tracking, and Robust Subspace Recovery[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2019, 35(4): 32 — 55.
- [5]Chen W, Yan X, Zhao Z et al. Spatial prediction of landslide susceptibility using data mining based kernel logistic regression, naive Bayes and RBF Network models for the Long County area (China)[J]. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2019, 78(1): 247 — 266.

专利申报情况	<div><input type="checkbox"/>提出专利申报</div> <div>申报号_____</div> <div>申报日期        年    月    日</div> <div><input type="checkbox"/>已获专利权批准</div> <div>批准号_____</div> <div>批准日期        年    月    日</div> <div><input checked="" type="checkbox"/>未提出专利申请</div>
部门 签章	<div></div> <div>年    月    日</div>



## C. 当前国内外同类课题研究水平概述

说明：1. 申报者可根据作品类别和情况填写；  
2. 详细、准确填写，此栏有助于评审。

随着深度学习的快速发展，大量关于表情识别的算法涌现出来，如卷积神经网络(Convolutional Neural Network, CNN)采用端到端的模式，训练具有数百万个参数的网络结构，该结构无需手工提取特征，自适应地从海量数据中学习正确的特征。Khorrami 等人研究 CNN 从表情中学习到的高级特征与面部动作单元(Action Unit, AU)之间的对应关系。为了解决训练数据不足的问题，数据扩充和增强学习是两种常用的方法,如 Lopes 等人采用一套预处理操作来扩充数据以及 Tang 等人通过微调 Vgg-Face 模型，分别训练了 10 个面部 AU。为了提高表情识别系统的性能，Yang 等人将使用灰度图像和 LBP 图像训练的神经网络融合在一起。Hasani 和 Mahoor 将 CNN 和条件随机场结合起来，捕捉人脸图像内部的空间关系和图像帧之间的时间关系。此外，判别模型(Supervised Descent Method, SDM)直接使用级联回归函数将图像外观映射到坐标位置，并取得了较好的效果<sup>[1]</sup>。

近年来，深度神经网络被广泛应用于人脸识别，级联 CNN 是早期用级联方式预测位置坐标的方法。后来的 TCDCN(Tasks-Constrained Deep Convolutional Network)和 MTCNN<sup>[2]</sup>(Multi-task CNN)进一步利用多任务学习来提高性能。由于级联回归算法相对于只使用一个检测器进行人脸定位有着速度快准确率高的优势，一些方法提出将多个检测器组合起来，以便在具有挑战性的无约束环境中处理人脸时能更好地进行坐标估计。Yu<sup>[3]</sup>等人将三种不同的面部坐标检测器串联起来，相互补充，提高面部检测器的性能。Hinton<sup>[4]</sup>等人提出的 DBN (Deep belief network) 是一种提取训练数据深层特征的模型。传统的 DBN 是由一堆受限玻尔兹曼机构建的，而 DBN 网络由可见单元层和隐藏单元层组成的两层随机生成模型。目前，关于基于深度学习的面部识别的研究愈发先进，该领域拥有广阔的发展前景。

随着视频监控系统大量出现、计算机技术和人工智能的高速发展，姿态识别技术引起了很多国家和科研机构的高度重视，并投入了大量资金和人力进行研究。美国的麻省理工学院和卡梅隆大学等若干科研机构一起开发了视频监视和监控项目 VSAM (Video Surveillance and Monitoring)，该系统的目标是以未来战场和普通民用环境为研究背景而研发一种视频自动理解技术，此项目使用图像处理和模式识别算法，实现了无人监管的智能化监控，能够实时监测和辨别监控对象的行为是否有危害性，进而发出警告。2008 年 DARPA 资助一项视频实时监控工程，对监控图像里的行人的简单姿态进行检测识别，像打招呼、握手、摆臂等。DAPRA 在智能监控方面一直力图改进和创新，通过不断地探索和研究，开发出一套能够自动分析图像信息，检测异常行为和危险物，并进行报警的系统<sup>[5]</sup>。

智能视觉处理技术在发达国家已经有了相对成熟的产品，许多产品已经得到了广泛的应用。OpenCV (计算机视觉库)是英特尔公司建立的一种开源视觉库，是目前应用比较广泛的计算机视觉学习库，它提供了智能视频监控开发所需的各个组件类。2009 年微软公司公布了体感游戏外设 Kinect，是一种 3D 体感摄像机，可以实现动态捕捉三维空间中人的肢体动作，通过设计程序来识别、记忆和分析处理这些动作，为人机交互开辟了新的研究阶段，是智能视觉发展进步的标志。国外还有许多先进设备<sup>[7]-[9]</sup>，这

些智能产品被应用到日常生活的各个角落，机场、医院、校园等公共场所，可以利用智能视频检测密集人群内发生的异常行为、公共场所丢失物体的追踪、检测安检通道的移动物体以及固定运动检测等<sup>[6]</sup>。

国内在智能视觉处理方面的研究起步相对较晚，但是经过多年的努力和发展也取得了一定的成绩。中国科学院自动化研究所模式识别实验室在人体运动分析、交通场景视频监控、交通行为事件分析等领域取得了许多科研成果，其中他们开发的“智能视频监控系统”成功应用于 2008 年北京奥运会的安保工作。此外国内已有许多高校和研究机构在视频监控领域投入大量的精力进行研究<sup>[10]-[12]</sup>，并拥有了许多优秀的产品，自动化公司研发的机器视觉检测系统 GEVA，提供了高性能、易用以及灵活应对多种多样的工业检测应用，该系统集成了高速的相机接口、多核处理器以及可选用的视觉处理软件，通用性和处理能力强，北京蓝色星际监控系统，它可以用于多个场合的安全防护，采用先进的视频压缩算法<sup>[13]-[15]</sup>，智能监控效果明显。清华大学通过检测手臂和肘部的角度、面部和手势的运动特征等实现一个智能教室系统。

国内外在智能视觉处理方面的研究都在不断进步，相关算法越来越高效精确，相关产品也越来越先进，适应性强、适用范围广，可以面向许多的应用环境。基于姿态识别的智能视频监控系统可以更好的为人们服务，解放大量的人力资源，为我们提供便捷的生活方式。

红外测温技术的研究经历了数十年，国外的技术已经达到了很高的水平，而国内由于起步较晚与国外技术水平还存在着一定的差距。但是由于国家的大力的支持与科研工作者的不懈努力国内的医用红外测温技术也得到了迅速的发展并且已经生产出灵敏度相对较高的红外测温仪。红外测温仪不仅测量精度在不断提升，品种和适用范围都在不断增加，而且性能上也进行了多方面的完善如 LCD 显示、语音播报等功能的实现。

国外的医疗器械厂商生产的医用红外测温仪由于其速度快精度高的特点而得到青睐。意大利特尼美公司（Tecnimed）生产的 Thermofocus 非接触式体温计，在非典期间在大量人群中筛选体温过高的病人方面做出了巨大的贡献，节省了大量的人力，且其精度和速度均获得了国际认可。近年来，该公司又设计了一款红外测温仪 visisfocus06400，这款测温仪具有数字显示的功能，并且配备手动校准和自动校准两项校准功能从而提高了对目标测量部位定位的准确性，并且可应用于不同部位如口腔、腋下等。这一功能是目前电子体温计的一大创新。

2016 年在美国拉斯维加斯举行的消费类电子产品展览会上，汇集了大量的医疗器械厂商的产品。其中法国专业设计和生产医疗器械的厂商 withings 展示了一款非接触体温计 Thermo，该产品在测量速度和测量准确性上较同等价位的体温计具有明显的优势，通过实验表明，测量的速度达到了两秒，为读取体温值提供了便利，并且获得了美国食品和药物管理局认证。除此之外，它还增加了环境温度补偿和人体发射率补偿，可以在不同的环境温度下进行不同的人的体温测量。同时还配备蓝牙和 Wifi 功能，可以实现远程监测体温。

再看国内形势，很多高科技公司都在不遗余力的研发红外测温技术，并已取得了一定的成果。九九仪器公司生产的 LH\_SB\_101 门式红外体温仪，可应用在一些人流量大的地方如学校、海关和机场等，通过测量人体额头的红外辐射实现测温的。额头的红外辐射通过其体温仪上的光学器件进行采集，然后将此信号转换为温度信号，最后进行额头温度补偿从而计算出人体的真实体温。其测温仪装配了自动报

警功能,当温度过高的人进过时此温度计发出报警,提醒人群远离及当事人及时就医<sup>[9]</sup>。此外,在疫情期间,为保证学生能安全地开学,许多学校配备了红外测温的仪器,当学生通过测温通道时,仪器便可显示学生的体温。由此可见,目前红外测温技术已经相对成熟,并已应用在多个领域。

#### 参考文献:

- [1] 王珂.基于深度学习的人脸表情识别算法研究与实现[D].南京:南京信息工程大学,2019.
- [2] Abdalnabi A H, Gang W, Lu J, et al. Multi-Task CNN Model for Attribute Prediction[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2015, 17(11):1949-1959.
- [3] Cen H, Gao G, Yu Z. Real-time small traffic sign detection with revised faster-RCNN[J]. Multimedia Tools & Applications, 2018(4):1-16.
- [4] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G E. Imagenet classification with deep convolutionalneural networks[C]. In:Proc. of the 2012 IEEE International Conference on Advances in Neural Information Processing Systems. 2012. 1097-110556.
- [5] 单言虎,张彰,黄凯奇.人的视觉行为识别研究回顾、现状及展望[J].计算机研究与发展,2016,53(1):93-112.
- [6] 景元,吉爱红,张曦元等.传感器人体运动行为特征识别研究进展[J].计算机工程与应用,2019,55(1):23-28.
- [7] Kerem A, Bilur B.Human activity recognition using inertial/magnetic sensor units[A].In: International Conference on Human Behavior Understanding[C].Istanbul, Turkey: 2010.38—51.
- [8] Kerm N, Schiele B, Schmidt A.Multi-sensor activity context detection for wearable computing[A]In:Aartd E.Lecture Notes in Computer Science[C].Germany: 2003.220-232.
- [9] Villalonga C, Pomares H, Rojas I et al.MIMU-Wear:Ontology-based sensor selection for real-world wearable activity recognition[J].Neurocomputing, 2017, 250: 76-100.
- [10] PARK JJ, HYUN WJ, MUN S C, et al. Highly Stretchable and Wearable Graphene Strain Sensors with Controllable Sensitivity for Human Motion Monitoring[J]ACS Applied Materials & Interfaces,2015,7(11):6317-6324.
- [11] YAMADA T, HAYAMIZU Y, YAMAMOTO Y, et al.A stretchable carbon nanotube strain sensor for human-motion detection [J]. Nature Nanotechnology,2011,6(5):296-301.
- [12] BAUTISTA QUIJANO, JOSE ROBERTO, PTSCHKE P, BRUNIG HARALD, et al. Strain sensing, electrical and mechanical properties of polycarbonate/multiwall carbon nanotube monofilament fibers fabricated by melt spinning[J]. Polymer,2016,82:181-189.
- [13] TANG Zhenhua, JIA Shuhai, WANG Fei, et al. Highly Stretchable Core-Sheath Fibers via Wet-Spinning for Wearable Strain Sensors [J]. ACS Applied Materials and Interfaces,2018,10(7).
- [14] LIN Z, CHEN J, LI X, et al. Triboelectric Nanogenerator Enabled Body Sensor Network for Self-Powered Human Heart-Rate Monitoring [J]. ACS Nano,2017: acsnano.7b02975.
- [15] CHO D, PARK J, KIM J, et al. Three-dimensionally Continuous Conductive Nanostructure for Highly Sensitive and Stretchable Strain Sensor[J]. ACS Applied Materials & Interfaces,2017: acsami.7b03052.

## D. 推荐者情况及对作品的说明

说明：1. 由推荐者本人填写；

2. 推荐者必须具有高级专业技术职称，并是与申报作品相同或相关领域的专家学者或专业技术人员（教研组集体推荐亦可）；

3. 推荐者填写此部分，即视为同意推荐；

4. 推荐者所在单位签章仅被视为对推荐者身份的确认。

推荐者情况	姓 名	唐晨	性别	女	年龄	55	职称	教授/ 博士生导师
	工作单位	天津大学电气自动化与信息工程学院						
	通讯地址	天津市天津大学卫津路校区				邮政编码	300072	
	单位电话	18202279763				住宅电话		
推荐者所在 单位签章		<div style="text-align: right;">（ 签章 ）      年      月      日</div>						
请对申报者申报情况的真实性做出阐述		<p>计算机视觉和红外传感技术，两项技术在国内均具有较成熟的研究成果，该学生团队立足于二者结合，研究成果实用性较强。</p>						
请对作品的意义、技术水平、适用范围及推广前景做出您的评价		<p>该团队从新冠肺炎疫情出发，立足于患者的快速排查，有较强的时代意义，单项技术发展较为成熟，将二者结合体现较强的思维创新，此项技术有待于进一步推广，为智慧病房、智慧小区的构建提供了基础，具有较广阔的发展前景。</p>						
其它说明								

推荐者情况	姓 名	李根	性别	男	年龄	36	职称	工程师
	工作单位	天津大学电气自动化与信息工程学院						
	通讯地址	天津市南开区卫津路校区 92 号天津大学 26 教学楼 D 座 621					邮编	300072
	单位电话	15302038993	住宅电话					
推荐者所在单位签章		<div style="text-align: right;">           签章日期      年    月    日         </div>						
请对申报者申报情况的真实性做出阐述		该项目受当下防疫工作启发，经小组多次讨论，确定最终方案，即将面部分析、姿态识别和红外测温结合实现远程监控患者，项目申报具有独立性。						
请对作品的意义、技术水平、适用范围及推广前景做出您的评价		该项目通过姿态识别、红外测温及姿态识别等技术，可远距离监测患者情况，有效减少了医护人员与患者接触的频率，项目申报具有独立性。						
其它说明								

## E. 参赛作品粘贴处

注：此处粘贴自然科学类学术论文类与哲学社会科学类社会调查报告和学术论文类参赛作品正文，科技发明制作类参赛作品的主要技术、图表、作品实物图片等

### （一）表情识别结果

首先我们利用多层卷积提取特征，其过程图如图 E-1 所示：多层卷积的优势在于，在相同卷积层不同卷积核的情况下，提取的是具有不同表达特性的特征。随着卷积层的增加提取出的表情特征越趋近于表情轮廓的边缘特征，更具表现力。基于 CNN 的表情识别方法中，随着卷积神经网络的层数越多，参数越多，模型越为复杂，对训练样本数量的要求也会大大增加，否则会出现训练过程中无法收敛，或者产生过拟合现象。要解决在浅层卷积神经网络结构条件下，提高表情识别的效果，本质上需要提高提取特征的表现力。本次训练采取了一种结合 LBP 和 CNN 表情识别算法，能够在保持卷积神经网络结构不变的前提下，提高表情识别的准确率，优化卷积神经网络的训练过程。



图 E-1：结合 LBP 特征提取的 CNN 表情识别流程图

小组成员分别用自己的照片进行测试，测试结果和实际的面部表情十分相符，拍照时表情分析中中立表情所占比重较大，很好地验证了姿态识别模块的准确性，识别结果如图 E-2 所示。



图 E-2：人体照片表情识别结果

接下来，小组成员模拟视频监控系统，打开摄像头，对表情进行实时分析，六种表情元素是动态变化的，取三个时刻的结果截图如图 E-3 所示。

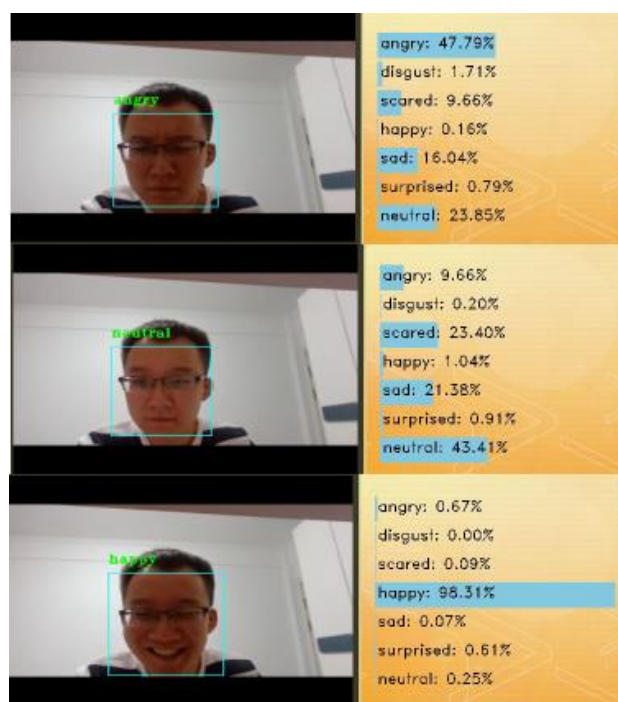


图 E-3: 摄像头人体表情识别结果

之后, 为了通过监控视频拍摄结果更好地与姿态识别相结合, 即做到表情识别和姿态识别实时进行, 小组成员上传提前录制好的视频, 其中某四个时刻表情分析结果如图 E-4 所示。



图 E-4: 视频人体表情识别结果

## (二) 姿态识别结果

我们采用 Realtime Multi-Person Pose Estimation 的方法进行姿态识别。姿态识别主要包括以下流程。首先准备一张包含人物的图片; 利用 VGG-19 网络的前 10 层对图片进行处理, 得到图片的特征  $F$ ; 然后特征  $F$  通过一个连续的多阶段网络进行处理, 网络的每个阶段( $i$ )包含了两个分支, 其输入结果分别为  $St$ (Part Confidence Map)和  $Lt$ (Part Affinity Map)。其中,  $St$  主要负责关节点或身体部位的检测, 如检测头、肩膀、胳膊肘。 $Lt$  则负责肢体段检测, 比如大腿。最后, 在  $Lt$  的帮助下, 把  $St$  的坐标点连接起来, 形成



人的姿势骨架。具体实现，如图 E-6 所示。

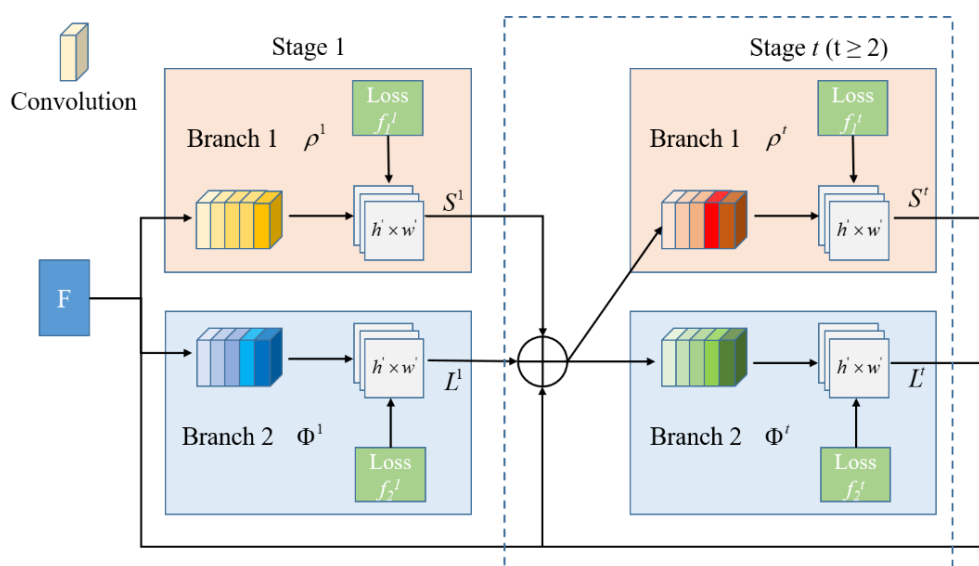


图 E-6: Realtime Multi-Person Pose Estimation 网络架构图

姿态识别主要检测老人摔倒情况，小组成员姿态识别结果如图 E-7 所示。



图 E-7: 姿态识别检测结果

### （三）红外传感技术

人体温度不同会发射出不同波长的红外线，对应的红外辐射能量也不同，我们将通过红外传感测温实时监控所得到的体温数据作为最终健康数据的指标之一。Visiofocus 检测身体，特别是从人类的额头自然发出的红外辐射。

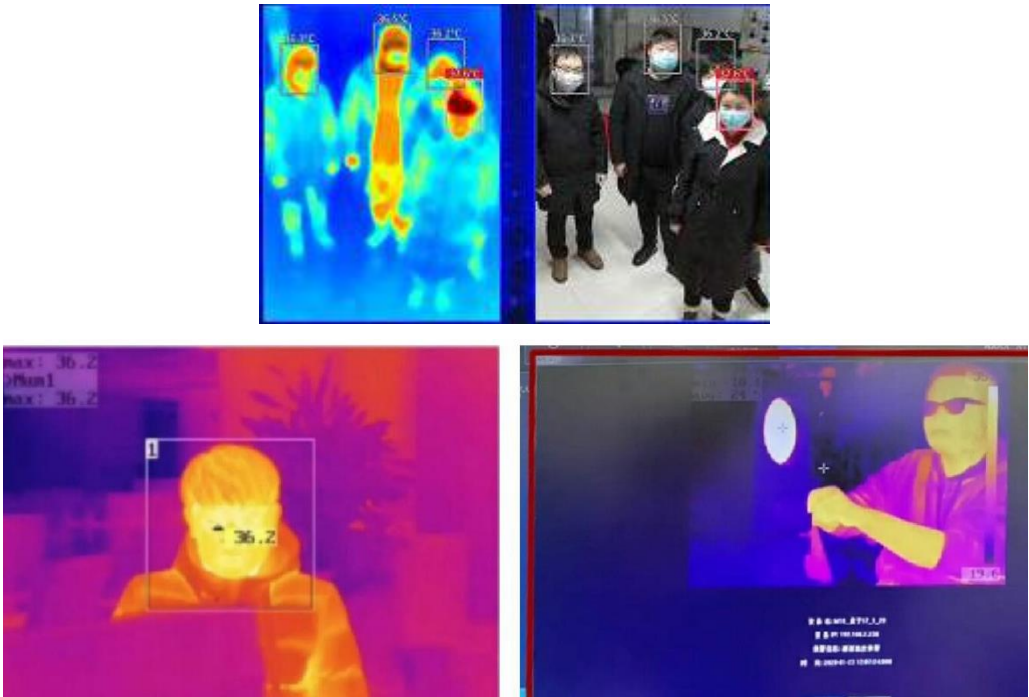
红外传感由三个物理学定律决定：

- 普朗克辐射定律：温度  $T$  不等于  $0\text{ K}$  的每个物体都会发射辐射。
- Stephan Boltzmann 定律：黑体在所有波长发射的总能量与绝对温度有关。
- Wein 的位移定律：不同温度的物体发出的光谱在不同波长处达到峰值。

所有温度大于绝对零度（ $0$  开尔文）的物体都具有热能，因此是红外辐射源。



通过应用红外传感模块对人体体温进行检测，所得结果如图 E-8 所示。



**E-8:** 红外测温模块检测效果图